

На правах рукописи

Индейкина Ольга Сергеевна

**ВЛИЯНИЕ ЗВУКОВЫХ СЕНСОРНЫХ СТИМУЛОВ
НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ
У СТУДЕНТОВ**

03.03.01 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Казань – 2013

Работа выполнена на кафедре анатомии, физиологии и гигиены человека
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
профессионального образования «Чувашский государственный педагогический университет
им. И. Я. Яковлева».

Научный консультант:

доктор медицинских наук, профессор **Димитриев Дмитрий Алексеевич**

Официальные оппоненты:

Аухадеев Эрик Ильясович, доктор медицинских наук, профессор кафедры реабилитологии
и спортивной медицины ГБОУ ДПО «Казанская государственная медицинская академия»

Раевский Владимир Вячеславович, доктор биологических наук, профессор, заведующий
лабораторией нейроонтогенеза ФГБУН «Институт высшей нервной деятельности и
нейрофизиологии РАН»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный
университет»

Защита диссертации состоится 10 декабря 2013 г. в __ часов на заседании диссертационного
совета Д 212.081.28 при ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный
университет» по адресу: 420008, г. Казань, ул. Левобулачная, д. 44.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке им. Н. И. Лобачевского при ФГАОУ ВПО
«Казанский (Приволжский) федеральный университет» по адресу: 420008, г. Казань, ул.
Кремлевская, д. 35.

Автореферат разослан «__»_____2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор

Т. Л. Зефирова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Человек проводит свою жизнь в условиях воздействия шумов и звуков различной интенсивности, которые существенно меняют не только слуховое восприятие, но и общее состояние организма; примером последнего является повышение артериального давления (G. Belojevic, 2012), увеличение частоты сердечных сокращений (I. Croy, 2013) и смещение вегетативного баланса в сторону повышения относительного тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (S. M. Peng, 2009). При этом важнейшим проявлением как положительного, так и отрицательного воздействия звуков на организм является изменение эмоционального состояния, функционирования регуляторных систем и внутренних органов. В физиологии человека на протяжении ряда лет в качестве интегральных показателей состояния организма используются меры вариабельности сердечного ритма. В ряде работ (Р. М. Баевский, 2002а; В. М. Михайлов, 2002; G. E. Billman, 2011) показано, что изучение вариабельности сердечного ритма имеет большое значение не только для оценки функционального состояния организма в настоящее время, но и для измерения его адаптационных возможностей (Р. М. Баевский, А. П. Береснева, 1997) и прогнозирования уровня реактивности (S. W. Porges, 2007). Другим важнейшим направлением изучения влияния сенсорных стимулов на организм является оценка характера дыхательных паттернов, наблюдаемых при различной сенсорной стимуляции (D. Bartret, J. Leitret, 2012). В настоящее время в литературе накоплен значительный объем данных о характере дыхания при звуковой стимуляции (Т. Eerola, J. K. Vuoskoski, 2013), но отсутствуют сведения о влиянии некоторых видов эмоционально значимых музыкальных фрагментов на показатели внешнего дыхания. Не смотря на то, что в физиологии имеется большое количество работ о влиянии сенсорных стимулов на вариабельность сердечного ритма (И. А. Кириллова и др., 2007; Э. И. Денисов, 2007; M. Iwanaga, 2005; G. S. Lee, 2010) исследованиями охвачены не все модальности, уровни и режимы воздействия, что делает актуальным продолжение исследований в этой области, в частности, оценку эффектов от шумового воздействия низкой интенсивности (H. Davies, I. V. Kamp, 2012).

Как указывают Р. М. Баевский (2002), А. Mallianu (2007) дальнейшее развитие методологии изучения вариабельности сердечного ритма заключается в расширении числа методов анализа показателей ВСР. В современной литературе достаточно широко представлены данные об изменении нелинейных показателей при различных заболеваниях и функциональных состояниях. Так, были проведены исследования характера облака на графике Пуанкаре и размерностей этого облака у людей с ожирением (K. Muralikrishnan, 2013); у больных сахарным диабетом были выявлены изменения показателей скатерограммы и DFA (B. Roy, S. Ghatak, 2013). Несмотря на это, практически отсутствуют результаты исследования изменения геометрических показателей, показателей скатерограммы, информационной энтропии и фрактального анализа при сенсорной стимуляции: в ходе поиска по базам данных Medline и Google Scholar нами были обнаружены лишь две статьи, посвященные анализу нелинейных показателей вариабельности сердечного ритма в условиях воздействия звука (A. L. Roque et al., 2013; B. Roy et al., 2012), что делает актуальным проведение такого рода исследований. Исследование реакций на музыкальные стимулы в большинстве работ сводится к изучению релаксирующего влияния (С. А. Mikutta et al., 2013; A. Raglio et al., 2012); чрезвычайно редки исследования, посвященные стимулам возбуждающего и угрожающего характера.

Исходя из вышесказанного, **целью** нашей работы является комплексная оценка влияния различных по своим свойствам звуковых стимулов низкой интенсивности на показатели кардиореспираторной системы.

Для достижения поставленной цели нами были сформулированы следующие **задачи**:

1. Оценка функциональных изменений, вызванных воздействием звукового стимула угрожающего характера.
2. Изучение реакции со стороны кардиореспираторной системы на экспозицию белым шумом.

3. Исследование характера динамики показателей variability сердечного ритма, артериального давления и частоты дыхания при прослушивании релаксирующего музыкального произведения.

4. Выявление и анализ реакции организма на воздействие транспортного шума низкой интенсивности в виде изменения параметров функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

5. Сравнительный анализ эффектов от воздействия различных звуковых стимулов и определение информационной ценности инновационных показателей variability сердечного ритма.

Научная новизна. Впервые изучено влияние звуковых сенсорных стимулов различного характера на нелинейные и геометрические показатели variability сердечного ритма.

Впервые проведено комплексное сравнительное исследование влияния музыкальных и шумовых стимулов на функционирование кардиореспираторной системы.

Впервые выявлены функциональные изменения, вызванные звуковым воздействием низкой интенсивности.

Теоретическая и практическая значимость. Сформулированы новые научные положения, дополняющие современную теорию о реакции организма на воздействие звуковых сенсорных стимулов низкой интенсивности.

Выявлена причинно-следственная связь между особенностями прослушанных испытуемыми шумов и музыкальных произведений и характером реакции организма на данные формы сенсорного воздействия.

Теория работы основана на современной научной концепции функционирования регуляторных механизмов, а полученные в ходе исследования данные восполняют существующие пробелы в области изучения вегетативной реакции на сенсорную стимуляцию.

Разработан и апробирован русскоязычный вариант теста N. D. Weinstein для определения уровня чувствительности к шуму. Изучен характер изменения состояния кардиореспираторной системы у людей с высоким уровнем данного вида чувствительности в условиях шумового воздействия и при прослушивании музыки релаксирующего и угрожающего характера.

Полученные в ходе исследования данные могут быть использованы при исследовании влияния звуков различной природы на функциональное состояние организма и в ходе совершенствования существующих гигиенических нормативов уровня шума на рабочих местах, в жилых и общественных зданиях.

Реализация результатов исследования. Научные положения и разработки и разработки диссертационной работы используются в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», БОУ СПО «Чебоксарский техникум связи и информатики».

Апробация работы. Основные научные положения, выводы и практические рекомендации диссертационной работы доложены на научной сессии докторантов, аспирантов и соискателей ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева» (Чебоксары, 2010), на Республиканской научно-практической конференции «Здоровье – единственная красота, которую я знаю» (Чебоксары, 2010), на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы естественно-научных исследований» (Чебоксары, 2011), на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Вариабельность сердечного ритма: материалы» (Чебоксары, 2011), на научно-практической конференции «Естествознание и современность», посвященной 80-летию факультета естествознания и дизайна среды (Чебоксары, 2011), на II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы биологии» (Чебоксары, 2012), на 24th Conference Environmental Society for Environmental Epidemiology

«Environmental Health Across Land, Air, and Sea» (South Carolina, 2012), на VI Международной научно-практической заочной конференции «Теоретические и методологические проблемы современных наук» (Новосибирск, 2012), на XII Международной научно-практической конференции «Наука в современном мире» (Чебоксары, 2012), на научной сессии докторантов, аспирантов и соискателей ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева» (Чебоксары, 2012), на Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы естественно-научных исследований» (Чебоксары, 2013), на Всероссийской заочной научно-практической конференции «Биологическая наука в решении проблем естествознания» (Чебоксары, 2013), на IUPS2013 (Birmingham, 2013), на расширенном заседании кафедр анатомии, физиологии и гигиены человека, биологии и методики преподавания, биоэкологии и географии, химии и биосинтеза ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева» (Чебоксары, 2013).

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Характер изменения в функционировании кардиореспираторной системы при звуковом воздействии зависит от особенностей предъявляемых стимулов.
2. Использование геометрических и нелинейных показателей вариабельности сердечного ритма может существенно повысить точность оценки реакции на звуковые стимулы различного характера.
3. Изменение дыхания является наиболее выраженным проявлением воздействия сенсорных стимулов на организм человека.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях согласно перечню ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 178 страницах и состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, главы с изложением результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка цитируемой литературы, содержащего 374 литературных источников (из них 334 – зарубежных). Работа иллюстрирована 33 рисунками и 5 таблицами. Диссертация выполнена в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева».

2. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Организация, материалы и методы исследования

Работу выполняли в течение 2010-2013 гг. на базе кафедры анатомии, физиологии и гигиены человека ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева» в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВПО «ЧГПУ им. И. Я. Яковлева».

Проведены четыре серии экспериментов с привлечением 99 практически здоровых студентов (10 – мужского и 89 – женского пола; в возрасте 18-27 лет), обучающихся на 1-4 курсах очного и заочного отделений факультета естествознания и дизайна среды ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева».

На первом этапе исследования нами были отобраны звуковые сенсорные стимулы различной природы: композиция «Wild Women with Steak-Knives» в исполнении Diamanda Galas (угрожающего характера); композиция «Ba Mo Leanabh» в исполнении Fiona Mackenzie (колыбельная); белый шум (негармоничный звук); транспортный шум (привычный, повседневный звук); выбор стимула основывался на современной теории звукового воздействия.

На втором этапе была проведена оценка шумовой чувствительности (шкала N. D. Weinstein) и эмоциональной реакции на стимулы. Оценка эмоциональной реакции проводилась двумя способами: 1) посредством гедонической шкалы лиц; 2) посредством описания студентами своих эмоций, вызванных прослушиванием звуковых стимулов.

На третьем этапе исследования у испытуемых осуществлялась запись variability сердечного ритма с помощью программно-аппаратного комплекса «Поли-спектр 8Е» (ООО «Нейрософт», г. Иваново). Снятие кардиоритмограммы проводилось согласно рекомендациям Европейской Ассоциации Кардиологии (Е. А. Березный и др., 2005; А. J.Camm, 1996; Task Force ..., 1996): в течение 5 минут во втором стандартном отведении в положении лежа после 5-10 минутного отдыха. Нами был проведен анализ RR- интервалов синусового ритма, а все остальные интервалы были исключены. Также был использован метод визуализации ритмограммы посредством графика Пуанкаре или скатерограммы для выявления артефактов и интервалов, связанных с активностью желудочковых и предсердных эктопических водителей ритма. Частота дыхания определялась с помощью датчика дыхания для программно-аппаратного комплекса «Поли-спектр 8Е». Артериальное давление измерялось с помощью автоматического тонометра BP 3AG-1 фирмы Microlife (по методу Н. С. Короткова) с учетом рекомендаций Всемирной организации здравоохранения.

В ходе анализа variability сердечного ритма были вычислены и проанализированы следующие показатели: временной области (SDNN, RMSSD, pNN50, CV), частотной области (TP, VLF, LF, HF и производные от них), размеры облака на графике Пуанкаре (SD1, SD2, SD1/SD2), энтропии (SampEn), фрактальные DFA (α_1 , α_2 , $\alpha(\text{total})$), показатели Баевского (Mo, AMo, BP, BPP, ПАПР, ИБР, SI), а также геометрические показатели (W, WN1, WN5, WAM5, WAM10).

Все показатели оценивались трижды: до воздействия, во время воздействия и после воздействия звука.

В качестве источника шума нами был использован CD-проигрыватель Panasonic (SL-CT820). Звук подавался через наушники Sony (MDR-XD200). Для измерения уровня звука в каждом канале нами была применена модель искусственного уха оригинальной конструкции. Измерение уровня звука осуществлялось цифровым измерителем шума – шумомером CENTER 322 (Center technology Corp., Taiwan), прибором 1 класса точности с погрешностью $\pm 1,5$ дБ. Уровень интенсивность звукового воздействия составил 60 дБ (А), что соответствует гигиеническому нормативу (СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96).

2.2. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы до, во время и после прослушивания музыкального стимула угрожающего характера

Прослушивание музыкального стимула угрожающего характера вызвало у студентов достоверное снижение уровня респираторной синусовой аритмии (рис. 1), что свидетельствует об уменьшении влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на синусовый узел.

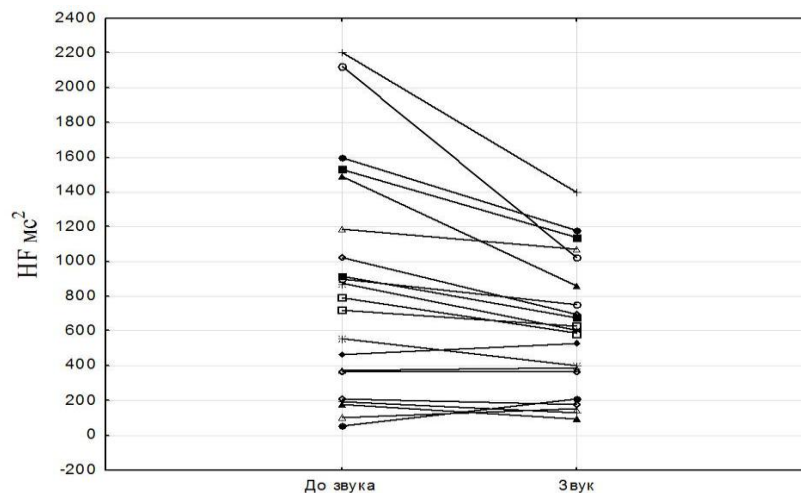


Рис. 1. Индивидуальные уровни HF до и во время прослушивания музыкального стимула угрожающего характера

Уменьшение респираторной синусовой аритмии сопровождалось снижением общей variability сердечного ритма, что проявилось в форме снижения у большинства исследуемых студентов уровня SDNN (с $40,54 \pm 2,63$ мс до $35,71 \pm 1,86$ мс; $z=2,61$, $p<0,01$) (рис. 2).

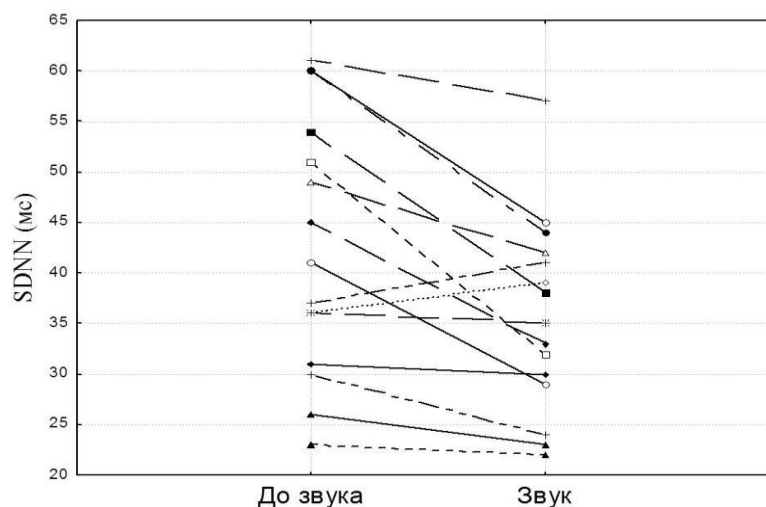


Рис. 2. Индивидуальные уровни SDNN до и во время прослушивания музыкального стимула угрожающего характера

Также о снижении variability сердечного ритма свидетельствует понижение уровня коэффициента вариации (CV) (с $4,61 \pm 0,33$ % до $4,09 \pm 0,20$ %; $z=2,28$; $p<0,05$). В то же время, не произошло существенного повышения выраженности быстрых изменений продолжительности интервалов RR: уровень RMSSD в результате прослушивания данной музыкальной композиции снизился с $39,66 \pm 3,51$ мс до $36,08 \pm 2,96$ мс, а затем несколько повысился до $39,29 \pm 3,04$ мс ($p>0,05$). Аналогичные по направленности и выраженности изменения были характерны и для другого показателя, отражающего выраженность быстрых изменений продолжительности кардиоинтервалов – pNN50. Отмеченные изменения характера длительности интервала между сокращениями сердца не вызвали существенных сдвигов средних значений других показателей – TP, LF, VLF и производных от основных спектральных показателей (табл. 1).

Таблица 1

Уровни спектральных показателей variability сердечного ритма до, во время и после прослушивания музыкального отрывка угрожающего характера

Показатель	До воздействия звука	Во время воздействия звука	После воздействия звука
TP, мс ²	1993,03±239,05	1748,22±274,60*	1753,96±204,24
VLF, мс ²	780,94±100,94	679,50±166,96	527,85±75,55*
LF, мс ²	335,48±39,24	324,83±52,97	420,19±71,06
HF, мс ²	876,65±128,17	743,88±102,27*	805,92±109,22#
LF norm.	31,63±2,34	33,12±2,84	35,62±2,84
HF norm.	68,37±2,34	66,88±14,78	64,38±2,98
LF/HF	0,52±0,07	0,58±0,08	0,66±0,09

Примечание: * – достоверное отличие от исходного значения,

– достоверное отличие от периода экспозиции.

Одним из направлений в исследовании variability сердечного ритма является оценка формы купола гистограммы. Ширина основного купола гистограммы в период прослушивания композиции «Wild Women with Steak-Knives» в исполнении Diamanda Galas существенно снизилась, что указывает на уменьшение дисперсии продолжительности RR-

интервалов. Также снизились значения индексов WN1, WAM5 и WAM10 (табл. 2), при этом не произошло изменения другого геометрического индекса – триангулярного (HRV t.i.). Фоном для всего этого является отсутствие достоверного уменьшения или повышения частоты сердечных сокращений, что еще раз свидетельствует о ценности показателей ВСР как самостоятельных по отношению к ЧСС переменных.

Таблица 2

Средние значения геометрических показателей вариабельности сердечного ритма до, во время и после прослушивания музыкального отрывка угрожающего характера

Показатель	До воздействия звука	Воздействие звука	Во время воздействия звука
W, мс	209,73±11,29	184,75±10,64*	200,18±19,24
WN1, мс	204±11,87	176±10,45*	186±10,21
WN5, мс	185,19±10,27	170,37±8,95	177,77±8,58
WAM5, мс	198±12,41	174±9,63*	184±10,29
WAM10, мс	190±12,25	164±8,91*	178±9,61#
HRV t.i.	9,96±0,57	9,96±0,52	10,07±0,53

Примечание: * – достоверное отличие от исходного значения,
– достоверное отличие от периода экспозиции.

Кроме того, произошло снижение BP (с $0,23 \pm 0,02$ с до $0,21 \pm 0,01$ с; $z=2,16$; $p<0,05$), повышение ВПР (с $5,76 \pm 0,59$ усл. ед. по $6,59 \pm 0,55$ усл. ед.; $z=3,05$; $p<0,01$), что свидетельствует о снижении относительного тонуса парасимпатического отдела ВНС. В тоже время, отмечается снижение значений SD1 (с $35,36 \pm 4,08$ мс по $32,02 \pm 2,18$ мс; $z=2,48$; $p<0,05$) и повышение показателя $\alpha 1$ (с $0,78 \pm 0,03$ по $0,87 \pm 0,05$; $z=2,08$; $p<0,05$), что является индикатором перестройки процессов регуляции.

О повышении симпатического влияния на сосуды в результате воздействия музыкального стимула угрожающего характера свидетельствует повышение диастолического артериального давления (с $65,7 \pm 1,24$ мм рт. ст. до $67,11 \pm 1,34$ мм рт. ст.; $z=2,27$; $p<0,05$).

Таким образом, прослушивание музыкального стимула угрожающего характера людьми с высоким уровнем шумовой чувствительности вызвало снижение парасимпатического влияния на синусовый узел, уменьшение респираторной синусовой аритмии и повышение симпатического влияния на гладкую мускулатуру сосудов. Полученные нами данные можно сопоставить с данными А. L. Roque и соавторов (2013), которые обнаружили снижение ВСР при прослушивании музыкальной композиции в стиле «тяжелый металл» с интенсивностью 70-80 дБ(А). В тоже время, в нашем исследовании эти изменения были более выраженными, несмотря на меньший уровень воздействия, что может указывать на повышенную эмоциональную и вегетативную реактивность при воздействии данного музыкального произведения. Это свидетельствует о том, что аналогичные записи исполнительницы Diamanda Galas могут быть использованы при исследовании других физиологических реакций на воздействие музыкальных стимулов угрожающего характера.

2.3. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы до, во время и после прослушивания колыбельной «Ba Mo Leanabh» в исполнении Fiona Makenzie

Менее выраженными были изменения вызванные прослушиванием колыбельной «Ba Mo Leanabh» в исполнении Fiona Makenzie. Относительной особенностью этой реакции является то, что в период звукового воздействия показатели вариабельности сердечного

ритма увеличиваются, но наибольший пик ВСР приходится на период после воздействия звука (табл. 3, 4).

Таблица 3

Средние значения временных и спектральных показателей variability сердечного ритма до, во время и после прослушивания колыбельной

Показатель	До воздействия звука	Во время воздействия звука	После воздействия звука
SDNN, мс	41,89±3,44	43,26±3,22	44,21±3,61
RMSSD, мс	42,53±4,38	45,79±5,002	43,89±5,19
pNN50, %	24,14±5,04	24,92±5,33	21,24±5,52#
TP, мс ²	2275,09±441,84	2204,91±346,25	2530,1±381,52#
VLF, мс ²	852,07±252,55	664,59±78,74	750,94±143,73
LF, мс ²	355,46±63,05	406,99±89,34	469,56±95,75
HF, мс ²	915,98±165,51	1067,06±211,54	1097,39±231,44
LF/HF	0,49±0,1	0,48±0,08	0,61±0,11#

Примечание: * – достоверное отличие от исходного значения,
– достоверное отличие от периода экспозиции.

Таблица 4

Средние значения геометрических показателей variability сердечного ритма до, во время и после прослушивания колыбельной

Показатель	До воздействия звука	Воздействие звука	Во время воздействия звука
W, мс	204,89±11,47	207,99±14,32	216,31±15,09
WN1, мс	205,26±11,40	205,26±12,03	213,18±14,73
WN5, мс	170,59±9,64	188,23±9,12*	194,12±12,04*
WAM5, мс	194,44±12,05	205,55±12,71	216,67±15,12*
WAM10, мс	184,21±12,12	200,00±11,47	210,52±13,56*
SD1, мс	36,55±5,92	38,75±5,65	45,39±6,66#
SD2, мс	65,02±6,65	63,04±6,88	74,66±6,82*#
SD1/SD2	0,57±0,03	0,58±0,05	0,50±0,04#
SampEn	1,77±0,05	1,83±0,02	1,72±0,04#
α (total), мс	0,89±0,02	0,87±0,03	0,87±0,04
α_1 , мс	0,85±0,05	0,81±0,05	0,84±0,04
α_2 , мс	0,93±0,03	0,92±0,03	0,91±,05

Примечание: * – достоверное отличие от исходного значения,
– достоверное отличие от периода экспозиции.

Таким образом, релаксирующая музыка в нашем случае оказывает очень слабое влияние на показатели variability сердечного ритма, что несколько отличается от данных, полученных другими авторами (L. Bernardi, 2006). Это может связано с тем, что у обследованных нами мужчин и женщин в период проведения эксперимента не отмечалось повышенных уровней тревожности – большинство из них оценивали свое эмоциональное состояние как весьма спокойное; в то же время, в большинстве работ, посвященных влиянию релаксирующей музыки на вегетативную нервную систему и показатели внешнего дыхания, успокаивающая музыка использовалась именно для терапии тревожных состояний. На этом

фоне особенно большой интерес представляют полученные нами данные о том, что даже на фоне относительно спокойного состояния кельтская колыбельная вызывает достоверное увеличение ширины купола гистограммы. Это позволяет нам прийти к следующему: 1) данная группа показателей в наибольшей степени чувствительна к воздействию успокаивающей музыки, 2) для музыкальной коррекции стресса можно рекомендовать именно колыбельные, как наиболее древние и простые формы релаксирующей музыки.

2.4. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы до, во время и после прослушивания белого шума

В период прослушивания белого шума произошло существенное повышение частоты сердечных сокращений (с $69,08 \pm 1,62$ уд/мин до $69,83 \pm 1,63$ уд/мин; $z=2,2$; $p<0,05$), что является индикатором уменьшения продолжительности интервалов между потенциалами действия пейсмекерных клеток вследствие смещения вегетативного баланса в сторону симпатической нервной системы. Это подтверждается и результатами статистического анализа продолжительности интервалов RR (табл. 5).

Таблица 5

Средние значения мер RR-интервалов в отсутствии, во время и после воздействия белого шума

	R-Rmax, мс	R-Rmin, мс	RRNN, мс
До воздействия шума	$997,5 \pm 25,49$	$761,38 \pm 17,68$	$880,83 \pm 21,27$
Воздействие шума	$987,04 \pm 25,21^*$	$752,71 \pm 16,96$	$869,88 \pm 20,7^*$
После воздействия шума	$1028,58 \pm 36,77^\#$	$740,13 \pm 27,71$	$884,83 \pm 22,55$

Примечание: * – достоверное отличие от исходного значения,

– достоверное отличие от периода экспозиции.

Как следует из данных табл. 6 воздействие белого шума вызывает значительное снижение продолжительности максимальных значений интервалов RR и средней продолжительности кардиоинтервалов. Также обращает на себя внимание тот факт, что изменение показателей продолжительности интервалов RR имеет U-образную форму – снижение времени между сокращениями сменяется значительным повышением этого интервала после того, как воздействие прекращается.

Интересной особенностью изменения САД и ДАД является то, что пик этих показателей наблюдался после прослушивания белого шума (табл. 6).

Таблица. 6

Изменение показателей гемодинамики в отсутствии, во время и после воздействия белого шума

Показатель	В отсутствии шума	Во время воздействия шума	После воздействия шума
САД (мм. рт. ст.)	$108,79 \pm 1,76$	$110,50 \pm 1,69$	$111,70 \pm 1,77^*$
ДАД (мм. рт. ст.)	$67,00 \pm 1,19$	$68,32 \pm 1,62$	$69,48 \pm 1,52^*$
ВИК (усл. ед.)	$-4,38 \pm 3,14$	$-2,07 \pm 2,91^*$	$-5,28 \pm 3,31^\#$

Примечание: * – достоверное отличие от исходного значения,

– достоверное отличие от периода экспозиции.

Воздействие белого шума вызвало существенное снижение SDNN, RMSSD и pNN50 (табл. 7), то есть уменьшение как общей вариабельности сердечного ритма, так и выраженности изменений между соседними RR-интервалами.

Таблица 7

**Средние значения временных показателей variability сердечного ритма в
отсутствии, во время и после воздействия белого шума**

	SDNN, мс	RMSSD, мс	pNN50, %	CV, %
До воздействия шума	46,08±3,54	41,71±4,1	22,94±4,24	4,98±0,35
Воздействие шума	45,08±3,78*	40,13±4,03*	21,12±4,08*	4,93±0,37
После воздействия шума	47,88±3,89	42,42±4,37	19,67±4,04	5,19±0,41

Примечание: * – достоверное отличие от исходного значения,
– достоверное отличие от периода экспозиции.

Эти изменения свидетельствуют о том, что воздействие данного звукового стимула вызывает выраженное снижение уровня variability сердечного ритма, которое сменялось повышением до уровня, не отличающегося достоверно от исходного.

Хотя во время воздействия шума произошло снижение TF и HF, повышение LF, LF/HF эти изменения не носили статистически достоверного характера (табл. 8).

Таблица 8

**Средние значения спектральных показателей variability сердечного ритма в
отсутствии, во время и после воздействия белого шума**

	До воздействия Шума	Во время воздействия шума	После воздействия шума
TP, мс ²	2396,01±364,75	2347,46±384,29	2626,23±412,7
VLF, мс ²	722,39±133,58	776,7±178,32	884,97±238,26
LF, мс ²	688,62±230,97	706,22±231,43	726,88±192,24
HF, мс ²	985±156,3	864,53±125,8	1014,38±154,32
%VLF	33,41±3,45	33,41±3,26	32,27±3,44
%LF	24,03±2,68	24,94±2,59	25,64±2,67
%HF	42,56±4,11	41,65±3,98	42,09±3,54
LF norm	37,78±3,73	39,6±3,81	38,84±3,35
HF norm	62,22±3,73	60,4±3,81	61,16±3,35
LF/HF	0,9±0,23	0,97±0,23	0,84±0,17

Гораздо более выраженными были изменения геометрических показателей. Так, начавшееся во время звукового воздействия снижение показателя WN5 по окончании воздействия продолжилось, и показатель снизился на 16±4,03 мс по сравнению с исходным значением; это снижение было статистически достоверным (рис. 3).

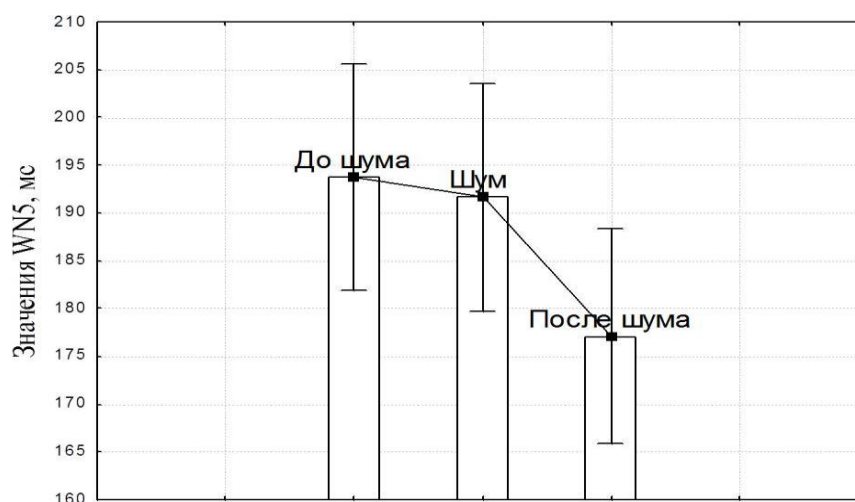


Рис. 3. Средние значения WN5 до, во время и после воздействия белого шума

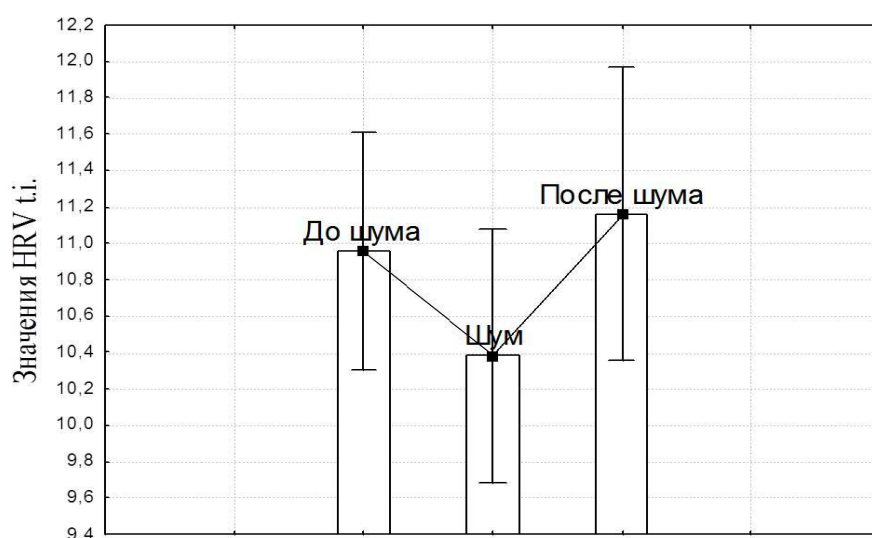


Рис. 4. Средние значения $HRV t.i.$ до, во время и после воздействия белого шума

При воздействии белого шума наблюдалось достоверное снижение $HRV t.i.$, которое затем сменилось его повышением (рис. 4). Это снижение также можно интерпретировать как проявление реакции со стороны системы регуляции сердечного ритма на воздействие белого шума.

Экспозиция белым шумом вызвала статистически незначимое снижение $SampEn$ (с $1,71 \pm 0,04$ до $0,61 \pm 0,04$; $z=1,31$; $p>0,05$), которое сменилось статистически достоверным повышением данного показателя до $1,72 \pm 0,04$ ($z=2,62$; $p<0,01$).

Среднее значение общего значения коэффициента α , в отсутствии шумового воздействия, равнялось $0,86 \pm 0,03$. Во время воздействия белого шума произошло статистически недостоверное ($p>0,05$) снижение общего значения коэффициента α по сравнению с исходным уровнем, при этом среднее значение данного показателя составило $0,852 \pm 0,03$.

В период восстановления произошло недостоверное снижение общего значения коэффициента α по отношению к исходному уровню ($p>0,05$), а также повышение к периоду шумового воздействия ($p>0,05$). Среднее значение показателя общего значения коэффициента α после прослушивания белого шума составило $0,854 \pm 0,03$. В то же время, не было обнаружено достоверного влияния белого шума на показатели α_1 и α_2 ($p>0,05$).

Изучение данных показателя $SD1$, вычисленных до шумового воздействия у обследуемых студентов показало: во время прослушивания белого шума произошло статистически незначимое снижение среднего значения данного показателя с $25,13 \pm 1,85$ до $23,66 \pm 1,54$ мс. После шумового воздействия отмечается достоверное увеличение среднего значения $SD1$ до $26,34 \pm 1,8$ мс при сравнении с периодом воздействия шума ($z=3,003$; $p<0,01$). Данное увеличение было недостоверным по отношению к исходному уровню ($z=1,42$; $p>0,05$).

Прослушивание белого шума вызвало незначительно снижение $SD2$ с $51,59 \pm 3,14$ мс до $51,003 \pm 3,34$ мс ($z=0,15$; $p>0,05$). В период восстановления $SD2$ значительно повысилось до $56,15 \pm 4,29$ мс (рис.21). При вычислении критерия знаков было установлено, что произошло достоверное ($z=2,31$; $p<0,05$) изменение данного показателя относительно периода воздействия белого шума (рис. 5), и недостоверное изменение относительно периода покоя ($z=1,59$; $p>0,05$).

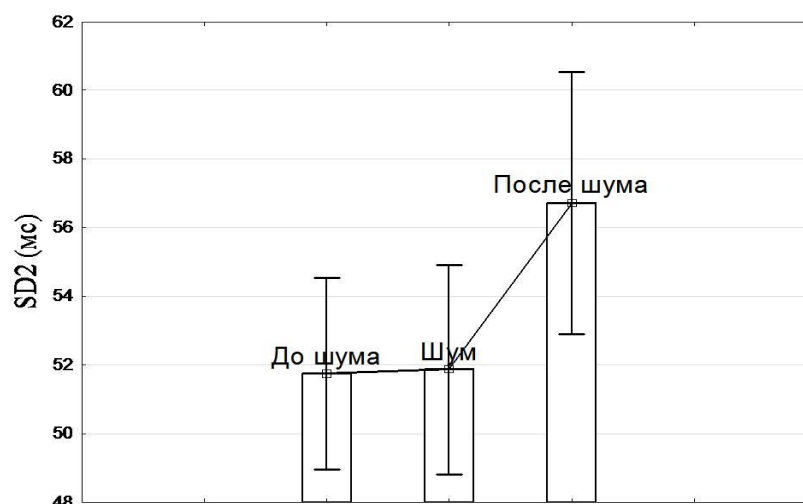


Рис. 5. Средние значения $SD2$ до, во время и после воздействия белого шума

Итак, прослушивание белого шума вызывает снижение вариабельности сердечного ритма, уменьшение энтропии, изменение формы облака на графике Пуанкаре, что свидетельствует о выраженном напряжении регуляторных механизмов в период прослушивания данного вида шума.

2.5. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы до, во время и после прослушивания транспортного шума

Хотя тест на чувствительность к шуму включает в себя значительное количество вопросов о чувствительности к шуму воздействие низких уровней транспортного шума не оказывало значительного влияния на большинство изучаемых нами показателей. Исключение составляют: выраженное снижение $SDNN$ (с $43,24 \pm 5,49$ мс до $38,38 \pm 4,77$ мс; $z=2,04$, $p<0,05$) (рис. 7), $RMSSD$ (с $50,84 \pm 9,81$ мс до $41,48 \pm 6,87$ мс; $z=2,64$; $p<0,01$), $pNN50$ (с $25,12 \pm 5,22$ % до $19,6 \pm 4,46$ %; $z=2,08$; $p<0,05$) (рис. 8) и HF (с $1601,02 \pm 527,64$ мс² до $1137,09 \pm 345,23$ мс²; $z=2,54$; $p<0,05$).

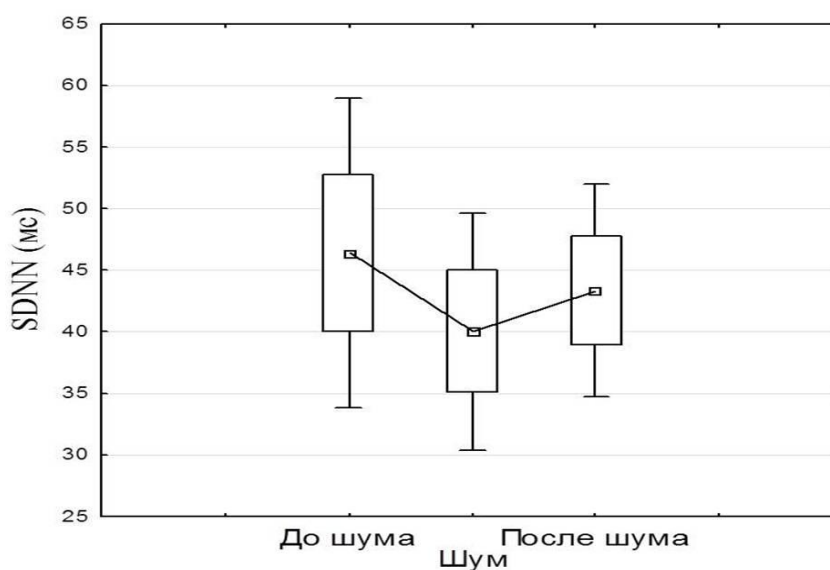


Рис. 7. Средние значения $SDNN$ до, во время и после воздействия транспортного шума

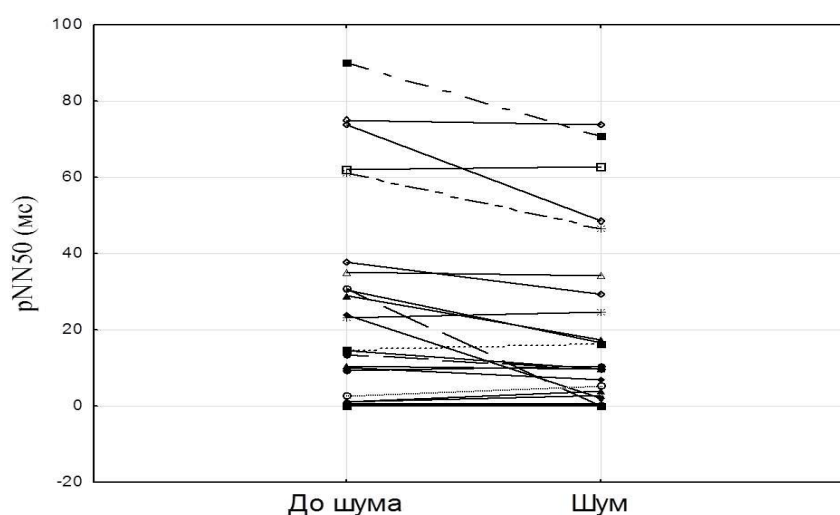


Рис. 8. Индивидуальные значения $pNN50$ до и во время воздействия транспортного шума

В ходе экспериментального исследования нами были получены данные LF_{norm} в состоянии покоя, во время и после воздействия транспортного шума. Сравнительный анализ данных показателя LF_{norm} показал, что среднее значение LF_{norm} в состоянии покоя составило $28,17 \pm 3,003$. Во время прослушивания транспортного шума произошло статистически достоверное (значение критерия знаков $z=3,20$; $p<0,01$) увеличение среднего значения исследуемого показателя до $33,31 \pm 3,59$. После прослушивания данного стимула наблюдалось статистически недостоверное ($p>0,05$) повышение среднего значения данного показателя до $33,64 \pm 3,302$ по отношению к исходному уровню, а также к периоду воздействия.

Проведенный нами сравнительный анализ значений HF_{norm} в различные периоды шумового воздействия дал следующие результаты: среднее значение HF_{norm} до шумового воздействия составило $71,66 \pm 2,77$. Воздействие шума вызвало достоверное ($z=2,69$; $p<0,01$) снижение среднего значения данного показателя до $66,53 \pm 3,305$ (рис. 9). В период восстановления отмечено статистически недостоверное изменение данного показателя как по отношению к исходному уровню.

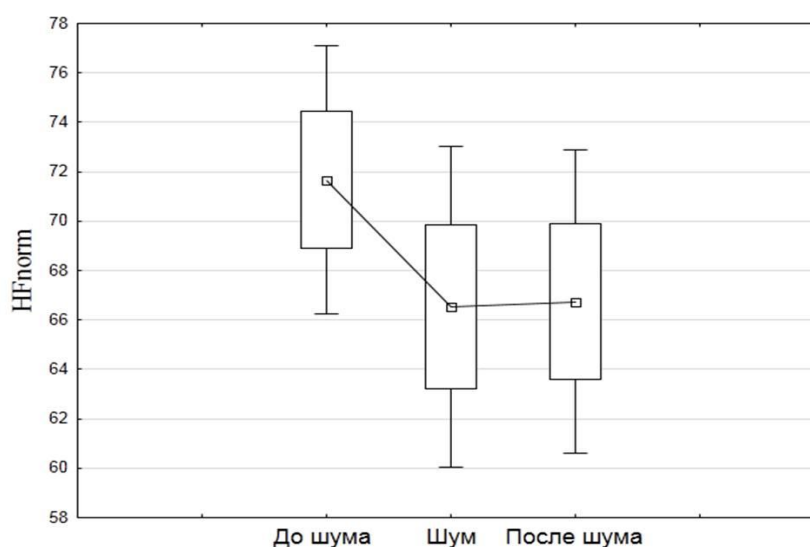


Рис. 9. Средние значения HF_{norm} до, во время и после воздействия транспортного шума

Во время воздействия транспортного шума произошло статистически достоверное ($z=2,69$; $p<0,01$) увеличение среднего значения отношения LF/HF по сравнению с исходным уровнем ($c\ 0,47\pm0,07$ до $0,64\pm0,11$).

В ходе прослушивания звуковой дорожки с транспортным шумом достоверно снизился показатель WN1: с $208,33\pm18,58$ мс до $191,67\pm15,55$ мс. После прослушивания транспортного шума установлено недостоверное ($p>0,05$) снижение данного показателя по отношению к исходному уровню, а также к уровню в период воздействия.

Воздействие транспортного шума не вызвало достоверных изменений гемодинамических показателей.

Таким образом, прослушивание транспортного шума вызвало снижение уровня вариабельности сердечного ритма, уменьшение респираторной синусовой аритмии, что также свидетельствует о напряжении регуляторных механизмов в период прослушивания транспортного шума.

2.6. Динамика частоты дыхания при воздействии различных звуковых сенсорных стимулов

Результаты исследования изменения частоты дыхания при воздействии различных звуковых стимулов представлены в табл. 9.

Таблица 9

Влияние различных звуковых стимулов на частоту дыхания

	Музыкальный стимул угрожающего характера	Релаксирующая музыка	Белый шум	Транспортный шум
До воздействия звука	$16,93\pm0,47$	$17,18\pm0,56$	$17,20\pm0,59$	$17,48\pm0,44$
Во время воздействия звука	$18,00\pm 0,47^*$	$16,12\pm0,48^*$	$18,36\pm0,72^*$	$18,29\pm0,46^*$
После воздействия звука	$18,03\pm0,40^*$	$16,44\pm0,66$	$17,48\pm0,44$	$17,87\pm0,44$

Примечание: * – достоверное отличие от исходного значения,
– достоверное отличие от периода экспозиции.

Как следует из табл. 9 воздействие белого шума, транспортного шума, музыкального стимула угрожающего характера вызывают существенное повышение ЧД. Также обращает на себя внимание достоверное изменение частоты дыхания при прослушивании колыбельной. Эти данные подтверждают современную концепцию влияния лимбической системы на дыхательный ритм (I. Hommo, Y. Masaoka, 2008; M. Behan, R. Kinkead, 2011). Кроме того, большое научное значение имеет тот факт, что ЧД достоверно изменялась при различных видах звуковой стимуляции; это указывает на частоту дыхания как наиболее чувствительный физиологический показатель изменений в эмоциональной сфере.

3. ВЫВОДЫ

1. Воздействие стимула угрожающего характера вызвало снижение статистических показателей вариабельности сердечного ритма и респираторной синусовой аритмии, что свидетельствует о снижении относительного тонуса парасимпатического отдела ВНС. эти изменения сопровождались снижением геометрических показателей ВСР, уменьшением разброса точек на графике Пуанкаре относительно линии идентичности повышением

фрактального показателя α_1 , что указывает на уменьшение сложности изучаемого сигнала. Прослушивание данного стимула вызывало сильные негативные эмоции, которые сопровождались повышением частоты дыхания и диастолического артериального давления.

2. Результаты проведенного нами исследования показывают, что прослушивание необычного по своим частотно-амплитудным характеристикам белого шума вызывает существенные перестройки в функционировании кардиореспираторной системы, снижение variability сердечного ритма, уменьшение энтропии, изменение формы облака на графике Пуанкаре. Это свидетельствует о выраженном напряжении регуляторных механизмов в период прослушивания данного вида шума.

3. Воздействие релаксирующей музыки на вегетативную нервную систему намного менее выражено, чем эффект от прослушивания угрожающего музыкального момента. Наблюдаемое умеренное повышение уровня variability сердечного ритма проявилось в увеличении ширины купола гистограммы, распределении значений интервалов RR. Это повышение ВСР отмечалось на фоне низкого исходного уровня тревожности, что позволяет рекомендовать колыбельные в качестве наиболее эффективного музыкального средства борьбы со стрессом, а геометрические показатели – в качестве наиболее чувствительных индикаторов состояния вегетативной нервной системы при музыкальной релаксации.

4. Прослушивание звукового файла с транспортным шумом вызвало снижение уровня variability сердечного ритма, уменьшение респираторной синусовой аритмии и повышение частоты дыхания, на фоне отсутствия достоверного повышения ЧСС, систолического и диастолического артериального давления – традиционных индикаторов повышения симпатического тонуса при сильном шумовом воздействии. Это указывает на то, что показатели variability сердечного ритма и частота дыхания являются наиболее чувствительными к данному виду шумового воздействия показателями функционирования кардиореспираторной системы.

5. Сравнительный анализ динамики нелинейных и стандартных показателей variability сердечного ритма наглядно продемонстрировал, что размеры облака на графике Пуанкаре, уровень энтропии и фрактальные меры являются самостоятельными индикаторами изменения характера колебаний продолжительности кардиоинтервалов при звуковых воздействиях различного вида.

6. Анализ изменения дыхания при воздействии звуков различной природы свидетельствует о том, что частота дыхательных движений наиболее сильно подвержена влиянию сенсорной стимуляции и связанных с ней эмоций. Воздействие стимулов, вызывающих преимущественно негативные эмоции, сопровождается значительным повышением частоты дыхания, а релаксирующая музыка увеличивает продолжительность дыхательного цикла.

4. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при проведении оценки влияния сенсорных стимулов на функциональное состояние кардиореспираторной системы и вегетативной нервной системы. В качестве индикаторов реакции на звуковое воздействие рекомендуется использовать геометрические показатели variability сердечного ритма. При сравнительном анализе музыкальных стимулов различного характера рекомендуется в качестве угрожающего звукового отрывка использовать композиции Diamanda Galass.

2. Полученные в ходе оценки влияния транспортного и белого шума данные могут быть применены в ходе проведения гигиенических исследований с целью оценки как изолированного действия внешнего шума небольшой интенсивности, так и при исследовании неспецифических эффектов, вызванных комплексом факторов внешней среды в состав которого входят транспортный и промышленный шум.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ:

BCP – вариабельность сердечного ритма;
 DFA – detrended fluctuation analysis;
 ДАД – диастолическое артериальное давление;
 САД – систолическое артериальное давление;
 ЧД – частота дыхания;
 ЧСС – частота сердечных сокращений;
 ВНС – вегетативная нервная система.

5. СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Индейкина, О. С. Влияние музыки на состояние вегетативной нервной системы студентов / О. С. Индейкина // Научно-информационный вестник докторантов, аспирантов, студентов. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2010. – Т. 16. – № 2. – С. 3–8.
2. Индейкина, О. С. Влияние музыки на функциональное состояние организма студенток / О. С. Индейкина // Мониторинг и сохранение здоровья учащихся: сб. науч. ст. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. – С. 62–69.
3. Индейкина, О. С. Изучение влияния звуковых сенсорных стимулов на эмоциональное состояние и кардиорегуляцию студентов / О. С. Индейкина, Д. А. Дмитриев, Е. В. Саперова, О. В. Соколова // Современные проблемы естественно-научных исследований: сб. науч. ст. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. – С. 142–144.
4. Индейкина, О. С. Изучение влияния релаксирующих звуковых стимулов на показатели вариабельности сердечного ритма / О. С. Индейкина, Д. А. Дмитриев // Вариабельность сердечного ритма: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. – С. 67–70.
5. Индейкина, О. С. Влияние музыки на организм человека / О. С. Индейкина // Естествознание и современность: сб. науч. ст. – Чебоксары, 2011. – С. 61–62.
6. Индейкина, О. С. Влияние шума на организм человека / О. С. Индейкина, М. А. Бахмистров, В. В. Индейкин // Актуальные проблемы биологии: материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2012. – С. 194–196.
7. Indeykina, O. S. Influence of noise on heart rate variability and respiratory rate / O. S. Indeykina, D. A. Dimitriev, Y. D. Karpenko, A. D. Dimitriev // **Epidemiology**. – 2012. – Vol. 23. – № 5. – P. 39. ▲
8. Индейкина, О. С. Влияние «шума города» на характер эмоциональной и вегетативной реакции организма студентов / О. С. Индейкина // Теоретические и методологические проблемы современных наук: материалы VI Международной научно-практической заочной конференции. – Новосибирск, 2012. – С. 83–86.
9. Индейкина, О. С. Изучение влияния звуковых сенсорных стимулов различной природы на вегетативную нервную систему / О. С. Индейкина // Наука в современном мире: материалы XII Международной научно-практической конференции. – М., 2012. – С. 11–14.
10. Индейкина, О. С. Изучение влияния уровня чувствительности к шуму на характер эмоциональной реакции при прослушивании различных звуковых стимулов / О. С. Индейкина, Д. А. Дмитриев // Научно-информационный вестник докторантов, аспирантов, студентов. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2012. – Т. 19. – № 2. – С. 43–48.
11. Индейкина, О. С. Изменение функционирования кардиореспираторной системы при воздействии белого шума / О. С. Индейкина, Д. А. Дмитриев, А. Д. Дмитриев // **Современные проблемы науки и образования**. – 2013. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/108-8672>. ▲

12. Индейкина, О. С. Вегетативные изменения в ответ на музыкальный стимул угрожающего характера / О. С. Индейкина // **Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 59–63. ▲**

13. Индейкина, О. С. Влияние музыкального стимула угрожающего характера на показатели вариабельности сердечного ритма / О. С. Индейкина, Д. А. Дмитриев, О. Ю. Софронова // **Современные проблемы естественно-научных исследований: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2013. – С. 74–76.**

14. Индейкина, О. С. Функционирование кардиореспираторной системы при прослушивании белого шума / О. С. Индейкина, О. Ю. Софронова // **Биологическая наука в решении проблем естествознания: материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2013. – С. 78–81.**

15. Indeykina, O. Change of functioning of cardiorespiratory system at impact noise / O. Indeykina, D. Dimitriev, O. Sofronova // **IUPS2013 (Abstract Book): 21-26 July, Birmingham. – 2013. – P. 371.**

▲ – публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК Минобрнауки России для докторских и кандидатских диссертаций